

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

Tutkintotyö

Janne Vehkakoski

UUDEN TUOTTEEN VALMISTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä

DI Arto Jokihaara  
Sandvik Mining and Construction Oy

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Modernit tuotantojärjestelmät

Vehkakoski, Janne

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2007

Hakusanat

Uuden tuotteen valmistettavuuden arviointi

22 sivua + 12 liitesivua

DI Arto Jokihaara

Sandvik Mining and Construction Oy

uusi tuote, valmistettavuus

## TIIVISTELMÄ

Uutta tuotetta pitää tutkia tarkasti ennen kuin se voidaan turvallisesti siirtää sarjatuotantoon. Valmistettavuus on asia, joka tulee tutkia mahdollisimman seikkaperäisesti. Valmistettavuutta voidaan tutkia esim. ns. 0-sarjalla, joka on tulevaisuuden sarjatuotantokappaleiden mukainen ja valmistetaan samanlaisissa olosuhteissa, kuin sarjatuotantokappaleet. Valmistus tapahtuu kuitenkin sekoittamatta muuta tuotantoa.

Tämän työn tarkoituksena on ollut tutkia erään tuotteen ensimmäisen 0-sarjan kappaleen valmistusta. Valmistuksen yhteydessä on pyritty selvittämään, onko tuotteesta sarjatuotantoon sellaisenaan vai pitääkö siihen tehdä muutoksia.

0-sarja on tuotteen elämänkaareissa vaihe, jossa sen pitäisi olla jo teoriassa tuotantovalmis. Käytäntö on kuitenkin eri asia kuin teoria. Käytännössä tuotteeseen tullaan tekemään vielä monia parannuksia. Parannukset on kuitenkin tuotteen elinkaaren kannalta parempi tehdä ennen kuin tuotetta yritetään tehdä täysipainoisesti sarjatuotantona. Tästä johtuu, että 0-sarja on todella tärkeä vaihe siirrettäessä uutta tuotetta sarjatuotantoon.

Työssä käsiteltävä uusi tuote on moniosainen, ja sen valmistus on pitkä prosessi. Valmistettavuuden arvioijan tulee siis olla erittäin tarkkaavainen, että kaikki mahdolliset epäkohdat otetaan huomioon, kirjataan ylös ja käsitellään mahdollisimman nopeasti. Tärkeää on, että kun epäkohtia havaitaan, niihin puututaan heti, eikä niitä yritetä kiertää tai siirtää.

Tässä työssä käsiteltävän tuotteen valmistettavuutta tullaan vielä arvioimaan uudelleen ennen sarjatuotantoon siirtämistä. Sarjatuotantoon siirtämisen jälkeenkin tuotetta ja sen valmistukseen liittyviä asioita tullaan tarkkailemaan jatkuvasti. Se on edellytys jatkuvalla kehittämiselle ja kehittymiselle.

TAMPERE POLYTECHNIK  
Mechanical and Production Engineering  
Modern Production System

Vehkakoski, Janne  
Engineering Thesis  
Thesis Supervisor  
Commissioning Company  
May 2007

Analyse of new product's processibility  
22 pages + 12 appendices  
Arto Jokihaara (MSc)  
Sandvik Mining and Construction Oy

Keywords

new product, processibility

## ABSTRACT

Moving a new product in production safely demands, that we know the product inside-out. Processibility is something, we must analyse as well as we can. Processibility can be analysed by for example so 0-serie. Products of 0-serie are same as the real production models. 0-serie products will be manufactured in similar environment as production models, but we don't disturb the running production, because we are not in the real production area. The purpose of this study is to analyse manufacturing of 0-serie model of one product. Along the manufacturing we have tried to find out, can this product be manufactured in our production or does it need some changes. 0-serie is the period of product's life circle, where in theory it should be ready for production. In practice other hand, the product will be modified. The modifications are better to be executed in 0-serie models than later on in production models. This is why 0-serie is important period when we are moving new product in production. The new product, I analyse in this study, is very complex and it's manufacturing takes time. The analyser must be very sharp, that every possible fault, that can be harmful for production, are noticed, wrote down, and taken cared off. It is very important that every fault is located and taken cared, not ignored. This product will be analysed again before we move it in production. When the product is in production, it will be in constant analyse. That is the key for constant development.

## ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Sandvik Mining And Construction Oy:n Tampereen tehtaan surface-osastolle. Työn tarkoituksena on ollut suorittaa surface-osastolle valmistukseen tulossa olevan uuden poravaunun valmistettavuuden arviointi.

Kiitokset hyvästä ja haastavasta tutkintotyön aiheesta kuuluvat esimiehelleni Petri Liljarannalle. Lisäksi haluan kiittää Ville Vatajaa sekä Kimmo Pyyköstä, jotka auttoivat minua omalla kokemuksellaan ja tiedoillaan. On ollut erittäin mukavaa saada työskennellä näin ammattitaitoisten henkilöiden kanssa. Kiitokset myös työni ohjaajalle Arto Jokihaaralle, joka kiireistään huolimatta on pystynyt antamaan ohjeita ja neuvoja kun niitä olen tarvinnut. Lopuksi vielä suuri kiitos laitteen valmistuksesta vastanneille asentajille ja kaikille muille, jotka ovat matkan varrella auttaneet.

Tampereella 5.6.2007

Janne Vehkakoski

## SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	5
2. SANDVIK AB YRITYSESITTELY .....	6
2.1 Sandvik konserni /3/.....	6
2.2 Mining and Construction /3/ .....	6
2.3 Tampereen tehdas /2/ .....	7
3. UUSI TUOTE TUOTANTOLINJALLE .....	7
3.1 Suunnittelun vaikutus valmistettavuuteen /1/ .....	8
3.2 Uusi tuote kohti sarjatuotantoa .....	8
4. MAANPÄÄLLISTEN LAITTEIDEN TUOTANTO .....	9
5. UUSI TUOTE .....	10
5.1 Yleisiä ominaisuuksia tuotannon kannalta.....	11
5.2 Suurimmat eroavaisuudet edeltäjään .....	11
6. ENSIMMÄINEN 0-SARJAN UUSI TUOTE .....	12
6.1 Virheitä ja puutteita.....	12
6.2 Virheiden ja puutteiden käsittely .....	13
6.3 Tärkeitä parannuksia jatkon kannalta .....	13
7. VALMISTUKSEN AIKANA TAPAHTUVA SUUNNITTELU.....	14
7.1 Laitteen letkutus .....	14
7.2 Laitteen johdotus.....	15
7.3 Hydraulikkaputket.....	15
8. VALMISTETTAVUUDEN ARVIOINTI .....	15
8.1 Selvitys kokoonpanojärjestyksestä .....	17
8.2 Nostoapuvälineet.....	17
8.3 Tuotannonsuunnittelu.....	18
8.4 Koulutuksen tarve .....	19
9. YHTEENVETO .....	20
LÄHDELUETTELO.....	22

## 1. JOHDANTO

Tämä tutkintotyö käsittelee uuden tuotteen valmistettavuuden arviointia ja siihen liittyviä asioita, kuten miksi valmistettavuuden arviointi on tärkeää ja miten valmistettavuuteen voidaan vaikuttaa. Tutkintotyö on tehty Sandvik Mining And Construction Oy:n Tampereen tehtaan surface-osastolle. Työn tuloksena on selvitys siitä, miten kyseessä oleva uusi tuote soveltuu valmistettavaksi nykyisessä tuotantoympäristössä. Työn aikana on puututtu epäkohtiin, jotka vaikeuttavat tehokasta valmistusta. Työn aikana tehtiin koko ajan dokumentointia työtapatumista ja niiden onnistumisesta. Työ vaati laajempaa tutustumista tehtaalla käytettyihin varastointi- ja dokumenttiarkisto-ohjelmiin. Tuotteen rakenteeseen piti myös paneutua, jotta epäkohdista pääsi selville.

Valmistettavuuden arviointi on prosessi, jossa tutkitaan, voidaanko tutkittava tuote valmistaa tehokkaasti ja taloudellisesti, suunniteltuja menetelmiä hyväksi käyttäen. Arvioinnissa tulee puuttua armotta kaikkeen, mikä vaikuttaa virheelliseltä toiminnalta. Kaikki epäkohdat, jotka saadaan poistettua tässä vaiheessa, ovat askel kohti valmistettavuudeltaan parempaa tuotetta.

Tutkintotyön alussa esitellään lukijalle Sandvik konserni, Sandvik Mining and Construction Oy sekä Tampereen tehdas. Tämän jälkeen käsitellään teoriaa suunnittelun vaikutuksesta valmistettavuuteen ja uuden tuotteen viemistä kohti sarjatuotantoa. Tutkintotyön jälkimmäisessä osiossa esitellään työssä käsiteltävä uusi tuote ja käydään läpi laitteen valmistus. Lopuksi keskitytään tuotteen valmistettavuuden arviointiin.

## **2. SANDVIK AB YRITYSESITTELY**

### **2.1 Sandvik konserni /3/**

Sandvik Ab on korkean teknologian yritys, jolla on kehittyneet tuotteet ja markkinajohtajan asema valituilla osa-alueilla. Yrityksen toiminta kattaa kolme liiketoiminta-aluetta, jotka ovat Tooling, Mining and Construction, sekä Materials Technology. Yrityksen palveluksessa on noin 42 000 työntekijää, ja toimintaa yrityksellä on 130:ssä eri maassa. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2006 noin 72 miljardia Ruotsin kruunua.

Sandvik on perustettu Ruotsissa vuonna 1862. Vuosien kuluessa Sandvikin liiketoiminnan filosofia ei ole juuri muuttunut. Perusajatus on, että Sandvikin tulee olla johtava yritys valituilla liiketoiminnan alueilla. Sandvikin tuotteet perustuvat korkeisiin arvoihin ja tuotteet on kehitetty läheisessä yhteistyössä asiakkaiden kanssa. Laatu on ohjaava tekijä globaalissa toiminnassa.

Sandvikin tavoite on parantaa jatkuvasti asiakkaiden tuotantokykyä ja sen mukana kannattavuutta. Sandvikin tuotteiden ja palveluiden tulee tuottaa asiakkaille maksimaalinen tulos suorituskyvyssä, laadussa, nopeudessa, turvallisuudessa, joustavuudessa ja taloudellisuudessa.

Sandvik on keskittynyt kasvuun. Myynti on lähes kaksinkertaistunut viimeisen viiden vuoden aikana. Jotta luotaisiin vankka pohja jatkuvalla laajentumiselle, liiketoiminta on jaettu kolmeen pääalueeseen, jotka on jo edellä mainittu.

### **2.2 Mining and Construction /3/**

Sandvik Mining and Construction on Sandvik konsernin yksi liiketoiminta-ala. Sandvik Mining and Construction toimii 130 maassa ja työntekijöitä on noin 10 600. Johtajana toimii Lars Josefsson. Sandvik Mining and Construction on maailman johtava laitteiden ja ratkaisuiden tuottaja kaivos- sekä rakennusteollisuudelle.

Kaivosteollisuudelle laitteita tehdään niin maan alle kuin maan päällekin kattaen materiaalin irrotuksen ja kuljetuksen. Rakennusteollisuudelle tarjotaan ratkaisuja materiaalin kuljetukseen, tunnelien tekemiseen, räjäytykseen ja kierrätykseen.

### **2.3 Tampereen tehdas /2/**

Tampereen tehdas Myllypurossa on aloittanut vuonna 1972. Tätä ennen laitteet tehtiin Tampereen keskustassa sijainneessa Tampellassa. Tampereen tehdas työllistää nykyään noin 810 henkilöä. Tampereen tehdas voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan: maanpäälliset ja maanalaiset laitteet.

Tuotteet, jotka Tampereella tehdään, myydään Sandvik Mining and Constructionin myyntiorganisaation kahdentoista markkina-alueen kautta maailmalle.

## **3. UUSI TUOTE TUOTANTOLINJALLE**

Kun uutta tuotetta suunnitellaan otettavaksi tuotantoon, tulee koko prosessi viedä huolellisesti alusta loppuun asti. Kaikki asiat, jotka jätetään vähemmälle huomiolle varsinkin prosessin alkuvaiheessa, kostaavat lopussa moninkertaisina. Jos kyseessä on täysin uusi tuote, kuten tässä tapauksessa, eli tuotetta ei ole valmistettu missään muualla tai millään muulla tavalla kuten esimerkiksi yksittäiskappaleina silloin tällöin, tulee prosessiin panostaa paljon aikaa ja tarkkuutta. Jotkut asiat ovat sellaisia, ettei niitä pysty näkemään tietokoneen näytöllä, vaikka nykyään onkin todella hyviä mallinnus- ja simulointiohjelmiä. Kokenut suunnittelija tai asentaja pystyy hahmottamaan mielessään monenlaisia asioita ilman tietokonetta ja tällaisia ammattilaisia tulisikin olla mukana uuden tuotteen suunnittelun alusta, tuotantovalmiin tuotteen täysipainoiseen valmistukseen saattamiseen asti.

### **3.1 Suunnittelun vaikutus valmistettavuuteen /1/**

Uuden tuotteen suunnittelu- eli tuotekehitysvaiheessa tehtävät ratkaisut vaikuttavat tuotteen kokonaiskustannuksiin jopa 60 – 80 %. Nykyaikaisista tietokoneohjelmista huolimatta isoon ja monimutkaiseen tuotteeseen jää suunnittelun jälkeen virheitä, jotka havaitaan vasta valmistuksessa. Tällaiset virheet saadaan kuitenkin minimoitua kun suunnittelu- on tuotekehitysprosessin aikana yhteistyössä valmistuksen kanssa. Tuotannon henkilöillä on usein eri näkökulmat tuotetta tarkastellessaan kuin suunnittelulla, joten epäkohtien huomaaminen parantuu merkittävästi. Taloudellisen kokoonpanotavan valinta ja tuotteen suunnittelu sen mukaan vaikuttaa todella paljon kokoonpanon tuottavuuden nostamiseen. Vaikutus voi olla niinkin paljon kuin 100 – 200 %.

### **3.2 Uusi tuote kohti sarjatuotantoa**

Uutta tuotetta suunniteltaessa valitaan myös sen kokoonpanotapa, niin kuin edellisessä kappaleessa jo mainittiinkin. Yleensä kokoonpanotavaksi valitaan yrityksessä jo käytössä oleva tapa. Aina tämä ei ole mahdollista, jolloin myös menetelmäsuunnittelulle tarvitaan aikaa suunnitteluprosessissa. Jos yritys on aikaisemmin tehnyt sarjatuotantoa samankaltaisille tuotteille, on uuden tuotteen sarjatuotantoon saattaminen helpompi tehtävä kuin lähteä luomaan kokonaan uutta prosessia. Sandvik Mining and Constructionin Tampereen tehtaalla on aikaisemmin tehty sarjatuotantona samankaltaisia poravaunuja kuin tässä työssä käsiteltävä uusi poravaunu. Uuden tuotteen sarjatuotantoon saattaminen on pitkä prosessi, joka sisältää eri vaiheita: suunnittelu, prototyyppien valmistus, havaittujen virheiden korjaus, 0-sarjan tuotteiden valmistus, vielä havaittujen virheiden korjaus, uuden tuotteen materiaalien ohjauksen luonti ja lopulta tuotteen siirtäminen tuotantolinjalle. Tässä työssä käsiteltävä poravaunu on 0-sarjan ensimmäinen laite ja myös ensimmäinen laite malliaan, joka rakennettiin normaaleissa tuotantotiloissa. Kun 0-sarja rakennetaan tuotantotiloissa, joissa se tullaan tulevaisuudessa tekemään sarjatuotantona, ja käytettävissä on samat työkalut ja apuvälineet, joita sarjatuotannossa tullaan

hyödyntämään, saadaan mahdollisimman hyvä kuva siitä, miten hyvin laite tulee sopimaan nykyisiin valmistusolosuhteisiin. Laitteen sarjatuotannon aloittamiseen on siis vielä jonkin aikaa, ja tämä aika tulee käyttää tehokkaasti hyväksi etsittäessä parannuksia vaativia kohtia valmistettavuudessa. Kun näin toimitaan, uuden tuotteen valmistettavuudesta saadaan mahdollisimman hyvä kuva, ja sarjatuotantoon siirtäminen aikanaan tulee onnistumaan sujuvasti.

## 4. MAANPÄÄLLISTEN LAITTEIDEN TUOTANTO

Sandvik Mining and Constructionin Tampereen tehtaan maanpäälliset poralaitteet valmistetaan tehokkaaksi suunnitelluissa tuotantotiloissa. Nykyisiä tuotantotilojen järjestelyjä on alettu käyttää vuosituhannen vaihteessa, jota ennen laitteita pystyttiin tekemään hieman vähempitehoisella tavalla. Nykyiseen järjestelmään siirtymiseen oli syynä laitteiden kasvanut kysyntä maailmalla, johon haluttiin vastata tehostamalla tuotantoa. Nykyinen järjestelmä lyhensi laitteiden läpäisyäikää, jolloin tuotanto tehostui selvästi.

Nykyisessä tuotantojärjestelmässä pystytään valmistamaan kahta täysin toisistaan poikkeavaa poravaunutyyppeä, jotka kantavat nimiä Pantera, kuvassa 1, ja Ranger, ja näiden eri versioita. Samoissa tuotantotiloissa valmistetaan myös Scout-nimeä kantavaa poravaunua, joka pohjautuu Ranger-poravaunuun, mutta on kuitenkin yksityiskohtaisemmilta ominaisuuksiltaan erilainen. Pienimmät maanpäälliset poralaitteet nimeltään Commando, valmistetaan isojen laitteiden tuotantotilojen ulkopuolella, omalla osastollaan.

Tuotantojärjestelmään kuuluu monia valmistus pisteitä, joissa loppukokoonpano suoritetaan. Loppukokoonpanossa käytetään paljon moduuleita, jotka valmistetaan tietyillä osastoilla ja tuodaan linjalle asennettaviksi juuri sille moduulille tarkoitettuun koneeseen. Kokoonpantavana olevia poravaunuja liikutetaan tuotantotiloissa ilmatyynyalustojen avulla. Aluksi koneen runko nostetaan alustan päälle ja lopuksi kone ajetaan alustan päältä pois, jolloin kaikki alkaa taas alusta seuraavan laitteen

osalta. Ilmatyynyn päältä pois ajettu laite menee vielä säädettäväksi, koeporattavaksi ja viimeisteltäväksi.

Standardikomponentit on varastoitu tuotantotiloissa hyllyihin ja hyllyt on sijoitettu koonpanopaikkoihin nähden siten, että kullakin paikalla on valmistukseen tarvittavat komponentit mahdollisimman läheltä. Työtehtävät tuotantotiloissa ovat monipuolisia. Tehtäviin kuuluu mekaniikka-, hydraulikka- sekä sähköasennuksia.



Kuva 1: Pantera

## 5. UUSI TUOTE

Uusi tuote on uusi poravaunutyyppe, jonka sarjatuotanto on alkamassa lähitulevaisuudessa. Nyt meneillään on 0-sarjan valmistus. Uusi tuote edustaa ominaisuuksiltaan poravaunujen uutta sukupolvea. Uusi tuote on moderni poravaunu, joka tulee varmasti keräämään huomiota osakseen tulevaisuudessa. Kyseessä on siis aivan uusi laite, joka ei varsinaisesti pohjautu edeltäjänsä, vaan on enemmänkin

kaukainen kaupunkilaisserkku. Seuraavaksi kerrotaan hieman uuden tuotteen ominaisuuksista tuotannon näkökulmasta ja käydään läpi myös merkittävimpiä eroavaisuuksia edeltävään malliin nähden, jotka tekevät tästä poravaunusta aivan uudenlaisen.

## **5.1 Yleisiä ominaisuuksia tuotannon kannalta**

Uusi tuote on suunniteltu valmistuksen kannalta mahdollisimman helpoksi. Tarkoituksena on ollut luoda hampurilaismallia noudattava kokoonpanojärjestys, eli kone kootaan alhaalta ylöspäin. Tietenkin on joitakin kohtia, joita ei ole mahdollista saada noudattamaan tätä tapaa, mutta pääosin siinä on onnistuttu. Kokoonpano alkaa rungon nostolla paikalleen ilmatyynyalustan päälle. Tämän jälkeen runkoon aletaan liittää moduuleita, jotka on tehty valmiiksi omissa valmistussoluissaan. Sellaiset moduulit tai osakokoonpanot, jotka eivät noudata hampurilaismallia, liitetään runkoon pääosin sivusuunnasta, eikä ylhäältä alaspäin niin kuin hampurilaismalli edellyttää. Vanhemmissa malleissa, jotka ovat tällä hetkellä tuotannossa, on jonkin verran työtä, joka suuntautuu alhaalta ylöspäin. Tämä ominaisuus ei ole hyvä ergonomiiaa silmälläpitäen. Juuri tällaisten asennustöiden puuttuminen tekee uudesta poravaunusta nykyaikaisen tuotteen kokoonpantavuuden kannalta. Yksittäisten asennustehtävien joukossa ei havaittu tarvetta laajentaa työkaluvalikoimaa. Asennukset sujuivat jo olemassa olevilla työkaluilla ilman ongelmia.

## **5.2 Suurimmat eroavaisuudet edeltäjään**

Uusi tuote eroaa edeltäjästään lähes kaikilta osin. Vanhan tuotteen hydraulinen ohjaus on vaihtunut sähköiseen. Uudessa tuotteessa on otettu käyttöön kaikissa mahdollisissa pakoissa hydraulikkaputket letkujen sijaan, jolloin koneen yleiskuva on saatu siistimmäksi ja selkeämmäksi kuin edeltäjillään. Monet moduulit on sijoitettu aivan uusiin paikkoihin koneen sisällä verrattuna edeltäjään. Moduuleja on yksinkertaistettu

rakenteeltaan sekä asennukseltaan. Toisaalta sähköasennusten määrä on lisääntynyt merkittävästi, ja se tuo uusia vaatimuksia valmistukseen. Sähköasennuksia tehtäessä on oltava vielä tarkempi ja huoleellisempi kuin mekaniikka- ja hydraulikka-asennuksia tehtäessä. Mahdollisia sähkövikoja on vaikea löytää, ja sellaisia tulee joskus. Tulevaisuus näyttää, miten uusi tekniikka soveltuu työkoneisiin. Varmaa on ainakin se, että tämän uuden tekniikan avulla avautuu uskomaton määrä uusia mahdollisuuksia kehittää laitteita vielä tehokkaammiksi ja tuottavammiksi.

## 6. ENSIMMÄINEN 0-SARJAN UUSI TUOTE

0-sarjan ensimmäisen laitteen rakentamisen aikana oli tarkoitus tarkkailla laitteen sopivuutta nykyiseen tuotantoympäristöön ja samalla selvittää valmistettavuutta haittaavia tekijöitä. Kokoonpano oli tarkoitus suorittaa mahdollisimman tarkasti jo aikaisemmin tehdyn kokoonpanosuunnitelman mukaan ja tarkistaa, onko kokoonpanojärjestys toimiva. Tämän tutkintotyön yksi tarkoitus on helpottaa seuraavien 0-sarjan koneiden valmistusta siten, että seuraavien laitteiden valmistuksessa olisi mahdollisimman vähän häiriötekijöitä. Häiriötekijöillä tarkoitan kaikkea, mikä ei kuulu kokoonpano-ohjeeseen, kuten esimerkiksi letkujen tekoa ja osien etsimistä pitkin tehdasta.

### 6.1 *Virheitä ja puutteita*

Kokoonpanon yhteydessä havaittiin virheitä ja puutteita, jotka voidaan karkeasti jakaa suunnittelun ja alihankinnan virheisiin. Suunnittelun virheisiin lukeutuu värien kuvien lähettäminen alihankintaan, osien myöhässä oleva suunnittelu ja osien myöhästynyt tilaaminen. Alihankinnan virheisiin taas kuuluu kuvien väärä tai vajaa tulkinta ja myöhästyneet toimitukset. Edellä mainitut virheet aiheuttivat osien yhteensopimattomuutta, osien puuttumista ja ylimääräistä työtä. Ylimääräisellä työllä tarkoitetaan osien sovittamista ja niiden etsimistä. Esiin nousi yksi moduuli, joka

yksin aiheutti lähes kolmanneksen yhteenlasketuista virheistä ja puutteista. Kyseessä oli monimutkainen moduuli, jossa oli paljon tarkkoja koneistuksia ja hitsauksia. Odotettavissa oli, että juuri tämän moduulin yhteydessä ongelmia tulee olemaan, mutta niiden määrä yllätti silti sekä suunnittelun että valmistuksen henkilöt.

## **6.2 Virheiden ja puutteiden käsittely**

Tämän työn aikana oli tarkoitus kirjata kokoonpanon yhteydessä havaitut virheet ja puutteet muistiin. Sen jälkeen ne siirrettiin tietoverkkoon, jossa ne ovat asianomaisten henkilöiden, lähinnä suunnittelijoiden, nähtävinä palautetaulukon muodossa.

Palautetaulukossa on sarakkeet, joista selviää, mistä asiasta on kyse, mitä kokonaisuutta asia koskee, milloin palaute on jätetty ja ketä palaute koskee. Kun virheestä tai puutteesta on tehty merkintä verkkoon, on asianomaisilla henkilöillä tietty aika reagoida siihen. Jos henkilö, jolle palaute on annettu, ei reagoi siihen ajoissa, ilmestyy verkkoon palautteen kohdalle merkintä *myöhässä*. Palautetaulukko toimii siis eräänlaisena mittarina siitä, miten tehokkaasti asiat hoituvat niistä vastaavien henkilöiden toimesta. Kuitatessaan palautteen käsittelyksi henkilö samalla merkitsee käsittelystä saadun tuloksen palautteen kohdalle. Kun palaute on käsitelty, voi palautteen antaja käydä tarkistamassa mihin ratkaisuun on päädytty, ja mitä toimenpiteitä ratkaisusta seuraa.

## **6.3 Tärkeitä parannuksia jatkon kannalta**

Seuraavia laitteita silmällä pitäen parannettavaa vielä on, mutta paljon asioita saatiin tämän laitteen kokoonpanon aikana korjattua. Parannuksia kaivataan ainakin alihankinnan laatuun, josta moni ongelma johti juurensa. Suunnittelulta kaivataan jatkossa vielä parempaa kommunikointia valmistuksen suuntaan. Kokoonpanon alkuvaiheessa suunnittelun aktiivisuus oli jokseenkin latteaa, mutta kuitenkin suunnittelijat hoitivat asioita ja saapuivat paikalle, kun vain soitettiin ja esitettiin asia.

Kokoonpanon loppua kohti aktiivisuus lisääntyi kyllä kiitettävästi, mutta projekti olisi sujunut jouheammin, jos aktiivisuus olisi ollut alusta asti korkeammalla tasolla.

## **7. VALMISTUKSEN AIKANA TAPAHTUVA SUUNNITTELU**

Valmistuksen aikana tapahtuvaa suunnittelua käytetään esimerkiksi prototyypituotteita valmistettaessa, jolloin tuote suunnitellaan samalla kun sitä valmistetaan. 0-sarjan tuote ei ole prototyyppi, mutta tämän laitteen kohdalla kuitenkin jouduttiin turvautumaan suunnitteluun valmistuksen yhteydessä. Koneessa oli prototyypistään poikkeavia yksityiskohtia, jotka vaativat vielä hieman viimeistelyä.

### **7.1 *Laitteen letkut***

Hydrauliikka- ja pneumatiikkaletkujen pituudet kirjattiin kokoonpanon yhteydessä. Tämä johtui siitä, että eroavaisuudet prototyyppiin toivat myös muutoksia letkujen mittoihin. Isommat letkut mitattiin ja tilattiin määrämittaisina letkutoimittajalta, kun taas pienemmät letkut tehtiin itse paikan päällä. Joillekin letkuille ei vielä ollut määritelty tarkkoja reittejä, joten ne piti keksiä letkujen asennuksen yhteydessä käyttäen hyväksi maalaisjärkeä ja kokemusta siitä, miten laitteen liikkeistä aiheutuvat etäisyyksien muutokset vaikuttavat letkuihin.

Letkujen pituudet on taulukoitu liitteisiin 1-4. Taulukot on tehty piirustusten osaluetteloiden pohjalta.

## **7.2 Laitteen johdotus**

Laitteen johdotuksessa oli samoja piirteitä kuin letkujen asennuksessa. Johdotuksia ei ollut missään moduulissa valmiina, joten mm. johtojen reitteihin päästiin vaikuttamaan. Johdotus sujui kaiken kaikkiaan hyvin. Aluksi näytti siltä, että osa johdoista myöhästyy asennuksesta. Kävi kuitenkin niin, että johtoja saatiin paikan päälle sitä mukaa kuin niitä tarvittiin. Tulevaisuutta ajatellen kaikkea ei kuitenkaan vielä saatu hoidettua. Johtojen pituudet ovat vieläkin selvittämättä, joten seuraavan laitteen valmistuksen yhteydessä on paneuduttava erityisesti sähköasennuksiin. Johtojen pituudet tarvitaan, koska tulevaisuudessa johdot tulevat valmiiksi määrämittaan katkaistuina ja liitospäät asennettuina koneen keräilyn mukana.

## **7.3 Hydrauliiikkaputket**

Hydrauliiikkaputket ovat uusi osa-alue Tampereen tehtaan surface-osaston osaamiseen. Vanhemmissa laitteissa ei hydrauliikkaputkia ole, vaan kaikki on hoidettu letkuilla. Hydrauliikkaputket tuovat laitteeseen viimeistellymmän ilmeen sen lisäksi, että ne kestävät tietyissä tilanteissa letkuja paremmin. Putkien asennuksessa näytti aluksi olevan ongelmia sopivuuden kanssa. Tarkempi perehtyminen asiaan kuitenkin selkeytti tilannetta. Hydrauliikkaputkien valmistustoleranssit ovat sellaiset, että joskus niiden sovittaminen paikalleen vaatii pientä viimeistelyä.

## **8. VALMISTETTAVUUDEN ARVIOINTI**

Valmistettavuuden arviointi on tärkeä vaihe, kun uutta tuotetta valmistellaan sarjatuotantoa varten. Arviointi on syytä suorittaa monta kertaa tuotteen eri kehitysvaiheissa. Jo prototyyppejä valmistettaessa on syytä tehdä arviointi tuotteen valmistettavuudesta. Prototyyppesteella olevan tuotteen valmistettavuuteen voidaan

vaikuttaa helpommin ja taloudellisemmin kuin tuotteen ollessa jo lähes tuotantovalmis. Mitä myöhemmäksi muutosten teko jätetään, sitä kalliimpia niistä tulee, koska silloin muutokset vaikuttavat todennäköisesti myös muihin osiin tai kokonaisuuksiin. Lisäksi muutettaviin kohteisiin käytetty suunnittelu ja valmistus menevät hukkaan.

Valmistettavuuden arviointia vaikeuttavat tässä työssä käsiteltävän laitteen osalta muutamat muutokset, joita jouduttiin tekemään valmistuksen aikana. Nämä muutokset eivät ole pysyviä, vaan koskevat ainoastaan tätä yksilöä. Muutokset jouduttiin tekemään, koska osia ei olisi muuten saatu sopimaan keskenään. Osien keskinäinen sopivuus johtui osien valmistusvirheistä. Kunhan nämä edellä mainitut laatuvirheet saadaan hallintaan ennen seuraavien laitteiden valmistusta, niin silloin nähdään, miten osat todellisuudessa sopivat paikoilleen. Nyt on jo kuitenkin hyvä kuva siitä, miten osat tulevat käyttäytymään, kun ne ovat suunnitellun mukaisia.

Yleisesti ottaen laitteen valmistettavuus on tällä hetkellä jo lähellä surface-osaston vaatimuksia. Uusi tuote on todennäköisesti tervetullut tuotantolinjalle jo parin 0-sarjan laitteen jälkeen. Pari 0-sarjan laitetta tarvitsee vielä valmistaa, koska niiden yhteydessä pitää varmistaa muutama kohta valmistuksen osalta. Nämä varmistusta vaativat kohdat ovat esim. letkujen mittatarkkuus, kun ne tulevat valmiina alihankkijalta. Tarkastelua tulevaisuudessa tarvitaan myös erään tietyn moduulin tarkkuuteen. Tämän ensimmäisen 0-sarjan laitteen kohdalla yksi moduuli muodostui suureksi riskitekijäksi seuraavien laitteiden valmistettavuuden osalta. Alihankkijan laaduntuottokyky ei riittänyt tämän moduulin valmistamiseen vaatimuksia vastaavaksi. Parannusta vaaditaan valmistuksen tarkkuuteen ja kuvien tulkintaan. Ennen kuin uusi tuote voidaan siirtää sarjatuotantoon, täytyy alihankinnan laaduntuottokyky saada nostettua vaadittavalle tasolle. Tarkastelun kohteena oleva moduuli ei ollut ainoa osa, jonka kohdalla alihankinnan laaduntuottokyky petti, mutta kyseinen moduuli on tässä laitteessa sellainen osa, että se vaikuttaa lähes kaikkiin muihin moduuleihin kriittisesti. On siis erittäin tärkeää, että juuri tämä moduuli täyttää kaikki vaatimukset, koska monissa tapauksissa pieni virhe kertautuu, kun lisää osia liitetään virheelliseen osaan kiinni. Tällaisissa tapauksissa pienestä virheestä tuleekin iso virhe ja ongelma.

## **8.1 Selvitys kokoonpanojärjestyksestä**

Uuden tuotteen kokoonpanojärjestyksestä on tutkintotyön tehnyt vuonna 2006 Kimmo Pyykönen. Suunnitelma kokoonpanojärjestyksestä on tehty uuden tuotteen prototyypin pohjalta. Tutkintotyössään Kimmo on kokoonpanojärjestyksen lisäksi arvioinut kaikkien työvaiheiden valmisteluun sekä kokoonpanoon kuluvat ajat.

Tässä työssä selvitettiin, miten kokoonpanojärjestyksen suunnitelma toteutui. Kokoonpano-ohjeeseen oli määritelty tietty määrä työvaiheita, joita pyrittiin kokoonpanossa noudattamaan niin hyvin kuin mahdollista osapuutteet huomioon ottaen. Osapuutteista tai muista syistä johtuneiden kokoonpanojärjestyksestä poikkeamien määrä oli noin 22 prosenttia kaikista työvaiheista. Kokoonpanoa suoritettaessa huomattiin, että joitakin vaiheita puuttui suunnitellusta kokoonpanojärjestyksestä. Nämä uudet vaiheet kasvattivat työvaiheiden kokonaismäärää noin yhdellä prosenttiyksiköllä. Pysyviä muutoksia kokoonpanojärjestykseen tehtiin silloin, kun työvaihetta ei voitu suorittaa tehokkaasti ja sujuvasti suunnitellussa järjestyksessä. Tällaisia kohtia suunnitellun kokoonpanojärjestyksen vaiheissa oli noin kolme prosenttia.

Suunniteltu kokoonpanojärjestys toteutui lopulta hyvin, vaikka suunnitelma oli tehty prototyypin pohjalta, joka eroaa joiltain osin tässä työssä käsiteltävästä 0-sarjan laitteesta. Seuraavassa 0-sarjan laitteessa tarkastellaan tähän laitteeseen tehtyjen muutosten toimivuutta ja arvioidaan valmistettavuutta uudelleen. Seuraavan laitteen valmistuksen jälkeen ollaan todennäköisesti jo lähellä tuotantokelpoista poravaunua.

Yksityiskohtainen selvitys kokoonpanosuunnitelman toimivuudesta on liitteissä 5-12.

## **8.2 Nostoapuvälineet**

Uuden tuotteen eroavaisuudet aikaisempiin poravaunuihin aiheuttivat sen, että tarvittiin muutamia uusia nostoapuvälineitä. Uudet nostoapuvälineet tarvittiin mm.

ohjaamolle, syöttölaitteelle ja katepaketille. Suurin osa nostoista voidaan kuitenkin suorittaa tavallisilla nostoapuvälineillä kuten 2-haaraketjuilla. Ihan kaikkia nostoapuvälineitä ei ehditty kokeilla tätä laitetta rakennettaessa, koska laitetta rakentaneet asentajat eivät vielä tienneet kaikista uusimmista nostoapuvälineistä. Moduulit saatiin kuitenkin turvallisesti nostettua paikoilleen käyttäen tavallisia nostoapuvälineitä ja vähän enemmän aikaa kuin tulevaisuudessa, jolloin on käytössä asiaankuuluvat välineet.

Muutamia muutoksia uusiin nostoapuvälineisiin vielä joudutaan tekemään, että ne toimisivat täydellisesti. Parannukset koskevat lähinnä käyttömukavuutta ja selkeyttä. Parannukset, joita tätä laitetta rakennettaessa on nostoapuvälineisiin ehdotettu tehtäväksi, voidaan arvioida vasta seuraavan laitteen valmistuksen yhteydessä, koska toimivuuden tarkasteluun tarvitaan oikeat käsiteltävät kappaleet. Ilman oikeita tuotantokappaleita ei voida olla varmoja, ovatko tehdyt muutokset olleet riittäviä.

Uusille moduuleille on myös tehty omia asennus- ja kuljetustelineitä. Näissä telineissä ei havaittu mitään virheitä eikä muutostarpeita. Kuitenkin ennen seuraavan laitteen valmistusta on muutamia telineitä hankittava lisää, että kaikki moduulit voidaan koota ja kuljettaa omaa telineitä hyväksi käyttäen. Tämän laitteen valmistuksen yhteydessä ei kaikilla moduuleilla ollut vielä omaa telineitä, koska muutamit moduulit käyttävät samaa, ja näin ollen valmis moduuli nostettiin pois telineestä ja alettiin tehdä seuraavaa. Toiminnasta ei ollut muuta haittaa kuin että aikaa kului ylimääräisiin nostoihin. Toisaalta näin oli tarkoitettukin tehtäväksi, koska ei oltu täysin varmoja, toimiiko teline niin kuin pitää vai tarvitseeko siihen tehdä vielä muutoksia. Jos muutoksia olisi tarvinnut tehdä, ne olisi jouduttu tekemään kaikkiin samaan tyyppiä oleviin telineisiin. Tämä puolestaan olisi tuonut enemmän kustannuksia.

### **8.3 Tuotannosuunnittelu**

Uusi tuote on suunniteltu mahdollisimman hyvin sopivaksi nykyisiin tuotantotiloihin. Tästä johtuu, että tuotantotiloihin ei tarvitse tehdä muutoksia tätä uutta laitetta varten.

Muutamia uusia osia tarvitaan varastoon, ja lattiatilaa tarvitaan jonkin verran muutamille osille jotka eivät hyllyihin mahdu. Uudet nostoapuvälineet mahtuvat nykyisiin nostoapuvälineiden säilytyspaikkoihin, ja pienemmät osat, jotka eivät ole hyllytavaroita, kulkevat keräilykärkyssä laitteen mukana.

#### **8.4 Koulutuksen tarve**

Surface-osaston asentajat ovat kokenutta ja osaavaa henkilöstöä. Tästä johtuen uusi tuote ei tule aiheuttamaan ongelmia, kun se siirretään tuotantolinjalle. Tietysti jonkin verran perehdytystä tarvitaan, mutta se onnistuu jouheasti työn ohessa. Seuraavan 0-sarjan laitteen valmistuksessa voidaan helpottaa siirtymävaihetta entisestään, jos ensimmäisen laitteen rakentajien mukaan otetaan muutamia asentajia, jotka eivät ole vielä päässeet tutustumaan uuden tuotteen hienouksiin.

Nostoapuvälineistä pitää järjestää pienimuotoinen perehdyttäminen, kunhan ne saadaan muutettua lopulliseen muotoonsa. Perehdyttäminen on järjestettävä heti kun voidaan, koska asentajia on vaikeampi saada jälkeinpäin käyttämään tarkoitettuja apuvälineitä, jos he ovat omaksuneet jo omasta mielestään sopivan tavan hoitaa nostot. Eihän tämä ikävä menettelytapa kaikkia asentajia koske, mutta on kuitenkin syytä eliminoida kaikki tällaiset mahdollisuudet. Tarkoituksenmukaiset nostoapuvälineet on tehty sen takia, että ne parantavat nostotyön turvallisuutta ja tehokkuutta. Väärä nostotapa voi vahingoittaa nostettavaa kohdetta esim. pilaamalla maalipinnan tai pahemmassa tapauksessa aiheuttaa noston kohteeseen kuormituksia, joita se ei kestä, jolloin syntyy rakenteellisia muodon muutoksia ja mahdollinen rakenteen pettäminen. Nostoapuvälineitä varten järjestettävä koulutus on siis ainoa, joka tullaan varmasti tarvitsemaan.

## 9. YHTEENVETO

Tuotannon aloittaminen uuden tuotteen kohdalla on syytä suorittaa tarkasti askel askeleelta. Jos prosessissa ohitetaan asioita tai unohdetaan suunnitelmallisuus, on tiedossa ongelmia. Tällaiset ongelmat voivat olla taloudellisesti tuhoisia, ja huonosti hoidetuilla projekteilla on usein muitakin seurauksia. Prototyypin valmistus on vaihe, jossa voidaan vaikuttaa tehokkaimmin tuotteen tulevaisuuden kustannuksiin. Ergonominen valmistus on myös tärkeä asia, johon nykyään puututaan yhä enemmän. Työntekijät valmistavat mieluummin tuotteita, jotka eivät vaadi työn aikana pää alaspäin roikkumista pakkasessa. Tuotteen valmistettavuuden arviointi, tässä työssä käsitellyn 0-sarjan tavalla, on tärkeä vaihe ennen sarjatuotantoon siirtymistä, koska silloin voidaan todeta miten kaikki toimii oikeassa ympäristössä. Jos ongelmia ilmenee, ne eivät vaikuta käynnissä olevaan tuotantoon mitenkään, koska uusi tuote tehdään tuotantotiloissa, mutta ei kuitenkaan tuotantolinjalla. Näin toimittaessa voidaan hyödyntää tuotannon työntekijöitä, jotka tulevaisuudessa muutenkin tuotetta tulevat valmistamaan, ja samalla voidaan todeta, ovatko tuotantotilojen muut ominaisuudet riittävät.

Tämän 0-sarjan laitteen valmistuksen yhteydessä tehdyt havainnot, tuotteen valmistettavuudesta, ovat tärkeitä tuotteen tulevaisuuden kannalta. Valmistuksen aikana havaittiin tärkeitä kohtia, joihin piti puuttua heti. Ilman tätä 0-sarjan laitetta, ja tietysti vielä seuraavaa laitetta, oltaisiin pahassa tilanteessa, mikäli tuote olisi yritetty suoraan viedä tuotantolinjalle. Uuden tuotteen kanssa on kuitenkin edetty maltilla ja vaihe kerrallaan. Kun asiat on hoidettu näin perusteellisesti, voi odottaa että laite tulee siirtymään sarjatuotantoon mallikkaasti.

Oli ilo tehdä tutkintotyö tästä aiheesta, koska se sivusi niin hyvin opintojeni suuntautumista. Työ oli haastava ja siihen oli mukava paneutua. Työn aikana opin käyttämään entistä tehokkaammin Sandvik:lla käytössä olevia varasto-ohjelmaa ja muita verkon sovelluksia. Olen tyytyväinen työn tulokseen, koska kaikista vastoinkäymisistä huolimatta laite saatiin ajallaan valmiiksi. Laitteen valmistettavuudesta saatiin selville paljon, ja nyt tiedetään jo mitä seuraavan laitteen

yhteydessä tulee tarkkailla. Mielestäni pääsimme uuden tuotteen sarjatuotantoon siirto projektissa selkeästi eteenpäin. Tästä on hyvä jatkaa tulevaisuudessa.

## LÄHDELUETTELO

### Painamattomat lähteet

1. Liljaranta Petri, menetelmäsuunnittelu, Kurssimateriaali, 2004, Tampereen Ammattikorkeakoulu.

### Painetut lähteet

2. Pyykönen Kimmo, Uuden tuotteen tuotannon ramp up, tutkintotyö 2006, Tampereen Ammattikorkeakoulu.

### Sähköiset lähteet

3. Sandvik Mining and Construction Oy, [www-sivu]. [viitattu 10.3.2007] saatavissa: [www.sandvik.com](http://www.sandvik.com)